不同氮能比饲粮对妊娠环江香猪羊水和尿囊液生化参数的影响

赵　越[1,2]　孔祥峰[2,3]　姬玉娇[2]　耿梅梅[2]　李华伟[2]　王占彬[1*]

（1.河南科技大学动物科技学院，洛阳 471003；2 中国科学院亚热带农业生态研究所，亚热带农业生态过程重点实验室，长沙 410125；3 中国科学院环江喀斯特农业生态试验站，香猪研究中心，环江 547100）

摘　要：本试验旨在研究不同氮能比饲粮对妊娠环江香猪羊水和尿囊液生化参数的影响。选用首次妊娠环江香猪 48 头，随机分为 2 组，每组 8 个栏（重复），每个栏 3 头。配种后 2 组母猪分别饲喂高氮能比饲粮（消化能为 14.73 MJ/kg，粗蛋白质含量为 13.11%，氮能比为 0.89）和低氮能比饲粮（消化能为 12.24 MJ/kg，粗蛋白质含量为 9.77%，氮能比为 0.80），于妊娠第 45、75 和 110 天每栏取 1 头母猪屠宰，收集每窝中最大体重、中间体重和最小体重胎猪对应的羊水和尿囊液，测定生化参数。结果表明：在相同妊娠时间和相同标准体重条件下，与低氮能比饲粮组相比，高氮能比饲粮组尿囊液中妊娠 75 d 最小体重胎猪碱性磷酸酶活性显著增加（P<0.05），妊娠 75 d 中间、最小体重胎猪和妊娠 110 d 最小体重胎猪谷草转氨酶活性，妊娠 45、75 d 最大体重胎猪尿酸含量，妊娠 45 d 中间、最小体重胎猪和妊娠 75 d 最大体重胎猪肌酸激酶活性均显著降低（P<0.05）。与最小体重胎猪相比，高氮能比饲粮组妊娠 45 和 75 d 与低氮能比饲粮组妊娠 45 和 110 d 时最大体重胎猪羊水中白蛋白含量显著增加（P<0.05）。随着妊娠时间的延长，2 个饲粮组胎猪羊水中尿素和尿酸含量以及尿囊液中尿酸含量逐渐增加。由上可见，高氮能比饲粮可通过调节羊水和尿囊液生化参数促进胎猪的生长发育；与中间、最小体重胎猪相比，最大体重胎猪对蛋白质的利用效率更高。

关键词：环江香猪；妊娠时间；饲粮氮能比；羊水；尿囊液；生化参数

中图分类号：S828　　文献标识码：A　　文章编号：

环江香猪是我国著名的地方品种猪。由于目前的饲养管理粗放，造成环江香猪的母猪繁殖率低、仔猪成活率低[1]。配种前后饲粮营养水平会影响初产母猪妊娠早期的胚胎成活率[2]；母体营养不足或过剩均会减少母体对胎儿的血液、营养物质和氧气的供应，阻碍胎儿的生长发育[3-6]。因此，改善饲粮营养供给，对提高母猪繁殖性能和胎儿生长发育至关重要。羊水

收稿日期：2017-09-30

基金项目：国家自然科学基金面上项目（31572421，31270044）；中科院“西部之光”人才培养计划重点项目

作者简介：赵　越(1991-)，女，河南商丘人，硕士研究生，从事猪的孕体发育调控研究。E-mail: 285762564@qq.com

*通信作者：王占彬，教授，博士生导师，E-mail: wangzhanbin3696@126.com

是母体血浆通过胎膜进入羊膜腔的透析液以及通过脐带和胎盘表面的羊膜产生的液体，其除蛋白质含量稍低外，其余成分与母体血浆相似[7]。在妊娠中后期，胎儿能通过吞咽羊水来摄取养分、活性因子和抗菌物质合成前体，来支持和促进自身的生长发育和肠道成熟[8]。尿囊液主要源于尿液和尿囊上皮分泌物，其中含有的氨基酸和蛋白质等多种营养物质能被尿膜吸收，进入胎儿-胎盘循环并最终被胎儿利用[9-10]。前期研究表明，与饲喂低氮能比饲粮相比，饲喂高氮能比饲粮 45 和 75 d后母猪背膘厚（27.2 mm vs. 26.9 mm；36.6 mm vs. 28.1 mm）以及妊娠 45、75 和 110 d胎儿个体重（16.1 g vs. 13.6 g；184.6 g vs. 155.7 g；591.5 g vs. 418.0 g）均有所提高[11]。祝倩等[12]研究表明，饲喂高氮能比饲粮有利于胎猪脐带血管的发育。刘俊锋等[3]研究发现，妊娠早期环江香猪的胎儿重与胎盘重量、子宫重量、羊水+尿囊液体积以及生化参数紧密相关。可见，羊水与尿囊液化学成分的变化可以反映胎儿-母体间营养转运和胎儿生长发育的状况[8]。因此，通过改善饲粮组成促进母体血液与羊水、尿囊液之间的物质交换，是促进胎猪生长发育、提高活产仔数的重要手段。本试验旨在研究不同氮能比饲粮对妊娠母猪羊水和尿囊液生化参数的影响，为提高妊娠母猪繁殖性能提供营养调控依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物、分组和饲养管理

试验选用首次妊娠的环江香猪 48 头，随机分为 2 组，每组 24 头，每组 8 个重复（栏），每个重复 3 头。2 组母猪配种后分别饲喂高氮能比饲粮[参照 NRC（2012）饲养标准推荐的营养需要量配制；消化能（DE）为 14.73 MJ/kg，粗蛋白质（CP）含量为 13.11%，氮能比为 0.89]和低氮能比饲粮[参照我国《猪饲养标准》（NY/T 65—2004）中地方猪营养需要量配制；DE 为 12.24 MJ/kg，CP 含量为 9.77%，氮能比为 0.80）]，2 种试验饲粮组成及营养水平见表 1。整个试验期间，每日每栏母猪的总采食量为 3 头母猪总体重的 2.5%。每日 08:30 和 17:00 各饲喂 1 次，自由饮水。

表1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

项目 Items	低氮能比饲粮 Low nitrogen/energy diet	高氮能比饲粮 High nitrogen/energy diet
原料 Ingredients		
玉米 Corn	57.20	58.20
豆粕 Soybean meal	0.00	11.00

麦麸 Wheat bran	11.00	11.50
米糠 Rice bran	13.00	4.00
苜蓿草粉 Alfalfa meal	14.00	3.00
大豆油 Soybean oil		7.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.15	1.15
石粉 Limestone	0.79	0.79
食盐 NaCl	0.30	0.30
赖氨酸 Lys	0.88	0.88
蛋氨酸 Met	0.27	0.27
苏氨酸 Thr	0.33	0.33
色氨酸 Try	0.08	0.08
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]		
粗蛋白质 CP	9.77	13.11
消化能 DE/(MJ/kg)	12.24	14.73
粗纤维 CF	6.86	4.56
粗脂肪 EE	5.00	9.34
赖氨酸 Lys	0.83	1.11
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.52	0.65
苏氨酸 Thr	0.50	0.65
色氨酸 Trp	0.13	0.18
钙 Ca	0.58	0.62
总磷 TP	0.44	0.52

[1)]预混料为每千克饲粮提供The premix provides the following per kg of diet:VA 12 040 IU，VD_3 2 112 IU，VE 29.7 IU，VK_3 2.8 mg，VB_1 1.2 mg，VB_2 7.1 mg，VB_6 1.3 mg，VB_{12} 0.03 mg，烟酸 nicotinic acid 42.9 mg，泛酸 pantothenic acid 21.6 mg，叶酸 folic acid 0.44 mg，生物素 biotin 0.12 mg，胆碱choline 320 mg，Fe 80 mg，Cu 40 mg，Zn 140 mg，Mn 52 mg，I 0.56 mg，Co 1.4 mg，Se 0.33 mg.

[2)]粗蛋白质、粗纤维和粗脂肪为实测值，其余为计算值。CP, CF, and EE were measured values, while the others were calculated values.

1.2　样品采集

分别于妊娠第 45 天（前期）、第 75 天（中期）和第 110 天（后期），每栏随机取 1 头母猪，心脏放血处死后屠宰，收集每窝胎猪并称重，选取每窝中最大体重、中间体重和最小体重胎猪对应的羊水和尿囊液[11]，置于 10 mL离心管中，液氮速冻后-80 ℃保存。

1.3　羊水和尿囊液生化参数测定

样品于 4 ℃解冻后，用 CX4 型全自动生化分析仪（Beckman 公司）测定羊水和尿囊液中总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、尿素（UREA）、尿酸（UA）和葡萄糖（GLU）的含量以及碱性磷酸酶（ALP）、谷丙转氨酶（ALT）、谷草转氨酶（AST）和肌酸激酶（CK）的活性。生化试剂盒购于北京利德曼生化技术有限公司。

1.4　数据处理与分析

利用SPSS 17.0 软件对同一妊娠时间和标准体重、不同饲粮组间的数据进行独立样本*t*检验，对同一饲粮组和妊娠时间、不同标准体重的数据进行单因素方差分析（one-way ANOVA,LSD）。数据以“平均值±标准误”表示。P<0.05 表示差异显著。

2　结果与分析

2.1　妊娠环江香猪羊水生化参数的变化

饲喂不同氮能比饲粮的妊娠环江香猪的羊水生化参数数据见表 2。

在羊水生化参数方面，在相同妊娠时间和相同标准体重条件下，与饲喂低氮能比饲粮相比，饲喂高氮能比饲粮可显著提高妊娠 45 d 最大体重胎猪 ALB、ALT 和 AST 活性与中间体重胎猪 ALP 活性及最小体重胎猪 TP 含量，妊娠 75 d 最大体重胎猪 ALB 活性和 UREA 含量与最小体重胎猪 ALT 活性，妊娠 110 d 最大体重胎猪 ALP 和 CK 活性以及 TP、UREA 和 GLU 含量与中间体重胎猪 AST 和 CK 活性（P<0.05）；同时，饲喂高氮能比饲粮还可显著降低妊娠 45 d 最大和中间体重胎猪 CK 活性与最小体重胎猪 ALT 活性（P<0.05），妊娠 75 d 最大体重胎猪 AST 活性、中间体重胎猪 TP 和 GLU 含量以及最小体重胎猪 ALB、TP 和 GLU 含量，妊娠 110 d 最大体重胎猪 ALT 和中间体重胎猪 CK 活性与最小体重胎猪 ALT 和 CK 活性以及 GLU 含量（P<0.05）。

在羊水生化参数方面，与相同饲粮和相同妊娠时间的中间体重胎猪相比，高氮能比饲粮组妊娠 45 d 最大体重胎猪 UREA 和 UA 含量以及 ALT 活性与妊娠 75 d 最大体重胎猪 ALT 活性以及 ALB、UREA 和 UA 含量均显著增加（P<0.05），妊娠 45 d 最小体重胎猪 UA 含量、妊娠 75 d 最小体重胎猪 ALB 含量均显著降低（P<0.05）；低氮能比饲粮组妊娠 45 d 最大体重胎猪 TP、UA 含量以及 ALP 活性，妊娠 75 d 最大体重胎猪 UA 含量以及 ALP、ALT

和 AST 活性，妊娠 110 d 最大体重胎猪 UREA 和 UA 含量以及 ALP、ALT 和 CK 活性，最小体重胎猪 UREA 和 GLU 含量以及 ALT 活性均显著增加（$P<0.05$），妊娠 45 d 最大、最小体重胎猪 AST 活性以及妊娠 110 d 最小体重胎猪 CK 活性均显著降低（$P<0.05$）。

在羊水生化参数方面，随妊娠时间的延长，低氮能比饲粮组中间体重胎猪 TP 含量、3 个标准体重胎猪 ALP 活性、最大体重胎猪 ALT 活性，高氮能比饲粮组中间体重胎猪 ALT 活性以及最大体重胎猪 CK 活性，2 个饲粮组胎猪 UREA 和 UA 含量，除高氮能比饲粮组最小体重胎猪外的其余标准体重胎猪 GLU 含量和 AST 活性均逐渐增加。

表 2 不同氮能比饲粮对妊娠环江香猪羊水生化参数的影响

Table 2 Effects of diets with different nitrogen/energy on biochemical parameters in amniotic fluid of pregnant *Huanjiang* mini-pigs (n=8)

指标 Items	妊娠时间 Pregnant time/d	低氮能比饲粮组 Low nitrogen/energy diet group			高氮能比饲粮组 High nitrogen/energy diet group		
		最大体重 Maximal BW	中间体重 Middle BW	最小体重 Minimal BW	最大体重 Maximal BW	中间体重 Middle BW	最小体重 Minimal BW
总蛋白 TP/(g/L)	45	0.90±0.09^{a}	0.60±0.07^{b}	0.59±0.09^{b}	1.18±0.20	0.78±0.09	0.82±0.04*
	75	0.66±0.14	0.61±0.08	0.64±0.06	0.47±0.07	0.34±0.08*	0.34±0.07*
	110	0.78±0.15^{a}	0.68±0.1^{ab}	0.38±0.09^{b}	2.50±0.05^{a*}	0.77±0.28^{b}	1.03±0.15^{b}
白蛋白 ALB/(g/L)	45	0.48±0.03^{ab}	0.58±0.08^{a}	0.38±0.07^{b}	0.94±0.08^{a*}	0.70±0.07^{ab}	0.60±0.09^{b}
	75	0.47±0.04	0.44±0.06	0.47±0.08	0.87±0.06^{a*}	0.49±0.04^{b}	0.26±0.05^{c*}
	110	0.68±0.09^{a}	0.48±0.05^{ab}	0.35±0.06^{b}	0.30±0.06^{b}	0.50±0.06^{a}	0.10±0.01^{c}
尿素 UREA/(g/L)	45	2.14±0.26^{a}	1.78±0.20^{ab}	1.44±0.13^{b}	2.94±0.29^{a}	2.17±0.23^{b}	1.62±0.16^{b}
	75	3.11±0.30	2.98±0.36	3.45±0.42	4.66±0.48^{a*}	2.91±0.38^{b}	2.43±0.24^{b}
	110	6.44±0.29^{a}	4.08±0.56^{b}	6.17±0.37^{a}	10.77±0.06^{a*}	6.39±0.06^{b}	3.56±0.94^{b}
尿酸 UA/(g/L)	45	1.85±0.18^{a}	0.81±0.08^{b}	0.88±0.06^{b}	2.44±0.40^{a}	1.54±0.15^{b}	0.70±0.07^{c}
	75	3.00±0.23^{a}	2.26±0.29^{b}	1.64±0.13^{b}	3.63±0.36^{a}	1.97±0.10^{b}	1.56±0.15^{b}
	110	15.20±1.35^{a}	9.03±1.11^{b}	6.00±2.11^{b}	13.10±0.06^{a}	8.60±0.06^{b}	6.80±1.80^{b}
葡萄糖 GLU/(nmol/L)	45	0.62±0.07	0.82±0.15	0.79±0.18	0.99±0.22	1.03±0.11	0.87±0.20
	75	0.75±0.07	0.95±0.08	0.97±0.10	0.85±0.10	0.70±0.04*	0.70±0.05*
	110	0.75±0.06^{b}	0.97±0.09^{b}	1.46±0.08^{a}	1.25±0.01^{a*}	0.70±0.06^{b}	0.50±0.09^{b*}
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	45	5.25±0.34^{a}	3.05±0.43^{b}	4.24±0.55^{ab}	5.42±0.62	4.98±0.74*	4.94±0.61
	75	5.94±0.84^{a}	3.63±0.19^{b}	4.99±0.54^{ab}	5.33±0.65	4.53±0.42	3.74±0.46
	110	11.53±0.44^{a}	8.60±1.20^{b}	6.60±0.35^{b}	22.30±0.06^{a*}	11.80±0.06^{b}	5.20±0.06^{c}
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	45	6.61±0.68^{b}	7.70±0.57^{ab}	9.71±1.04^{a}	10.68±0.80^{a*}	7.40±0.70^{b}	6.84±0.44^{b*}
	75	9.09±0.50^{a}	6.49±0.38^{b}	6.79±0.55^{b}	9.20±0.48^{b}	5.91±0.83^{c}	12.03±1.11^{a*}
	110	10.40±0.23^{a}	8.55±0.79^{b}	11.65±0.13^{a}	8.50±0.06^{b*}	10.40±0.06^{a}	6.30±0.06^{c*}
谷草转氨酶 AST/(U/L)	45	2.70±0.50^{c}	5.94±0.28^{a}	3.94±0.43^{b}	6.40±0.39^{a*}	5.68±0.78^{ab}	3.62±0.84^{b}
	75	13.60±1.17^{a}	9.73±1.05^{b}	6.90±0.67^{b}	9.91±0.93*	7.73±1.58	6.90±0.63
	110	26.73±1.03^{a}	20.78±3.48^{ab}	19.20±0.78^{b}	30.30±0.17^{b}	61.10±0.06^{a*}	20.60±0.06^{b}
肌酸激酶	45	6.80±0.98	6.30±0.50	4.95±0.83	2.92±0.76*	3.58±0.57*	4.72±0.77

CK/(U/L)	75	4.61±0.46	4.97±0.88	3.66±0.55	6.70±1.09	5.31±0.68	4.17±0.69
	110	15.40±0.92[a]	9.13±1.34[b]	5.90±0.19[c]	25.10±0.05[a*]	3.6±0.05[b*]	3.00±0.21[b*]

不同小写字母表示相同饲粮组同行数据间比较差异显著（$P<0.05$）；*表示相同妊娠时间和标准体重时与低氮能比饲粮相比差异显著（$P<0.05$）。下表同。

Values of the same diet group in the same row with different small letter superscripts significantly differ ($P<0.05$); * means significantly differ compared with the low nitrogen/energy diet under the same pregnant time and standard body weight ($P<0.05$). The same as below.

2.2 妊娠环江香猪尿囊液生化参数的变化

饲喂不同氮能比饲粮的妊娠环江香猪的尿囊液生化参数数据见表 3。

在尿囊液生化参数方面，在相同妊娠时间和相同标准体重条件下，与饲喂低氮能比饲粮相比，饲喂高氮能比饲粮可显著提高妊娠 45 d最大体重胎猪ALT活性与最小体重胎猪ALB、UA含量和AST活性，妊娠 75 d最大体重胎猪UREA和ALB含量与中间体重胎猪TP、UREA、UA和GLU含量及最小体重胎猪UREA、UA和GLU含量以及ALP、ALT和CK活性，妊娠 110 d最大体重胎猪GLU含量和ALT活性与中间体重胎猪GLU含量（$P<0.05$）；同时，饲粮高氮能比饲粮还可显著降低妊娠 45 d最大体重胎猪UA含量和AST活性与中间体重胎猪ALT和CK活性以及最小体重胎猪CK活性，妊娠 75 d最大体重胎猪UA含量和CK活性与中间、最小体重胎猪AST活性，妊娠 110 d最小体重胎猪AST活性（$P<0.05$）。

在尿囊液生化参数方面，与相同饲粮和相同妊娠时间的中间体重胎猪相比，高氮能比饲粮组妊娠 45 d 最大体重胎猪 ALT 活性与最小体重胎猪 ALB 含量以及 ALT 和 AST 活性，妊娠 75 d 最大体重胎猪 UREA 含量和 AST 活性与最小体重胎猪 UREA 含量以及 ALP、AST 和 CK 活性，妊娠 110 d 最大体重胎猪 UA 含量和 ALT 活性与最小体重胎猪 TP、UREA 和 GLU 含量以及 AST 活性均显著增加（$P<0.05$），妊娠 45 d 最大体重胎猪 UA 含量和 AST 活性与妊娠 75 d 最大体重胎猪 CK 活性以及妊娠 110 d 最小体重胎猪 UA 含量和 ALT 活性均显著降低（$P<0.05$）；低氮能比饲粮组妊娠 45 d 最大体重胎猪 UA 含量与最小体重胎猪 UA 和 GLU 含量以及 CK 活性，妊娠 75 d 最大体重胎猪 TP 和 UA 含量以及 ALP、AST 和 CK 活性与最小体重胎猪 AST 活性，妊娠 110 d 最小体重胎猪 ALB 含量和 CK 活性均显著增加（$P<0.05$），妊娠 45 d 最大体重胎猪 ALT 和 CK 活性与妊娠 75 d 最大体重胎猪 ALB 含量以及妊娠 110 d 最大体重胎猪 ALT、AST 和 CK 活性和最小体重胎猪 ALT 活性均显著降低（$P<0.05$）。

在尿囊液生化参数方面，随妊娠时间的延长，低氮能比饲粮组最小体重胎猪 ALB 活性、最大体重胎猪 ALT 活性，高氮能比饲粮组最小体重胎猪 GLU 含量、中间体重胎猪 ALT 活性，2 个饲粮组胎猪 UA 含量，除高氮能比饲粮组最大体重胎猪外的其余标准体重胎猪 UREA

含量均逐渐增加。

表 3　不同氮能比饲粮对妊娠环江香猪尿囊液生化参数的影响

Table 3　Effects of diets with different nitrogen/energy on biochemical parameters in allantoic fluid of pregnant *Huanjiang* mini-pigs (n=8)

项目 Items	妊娠时间 Pregnant time/d	低氮能比饲粮组 Low nitrogen/energy diet group			高氮能比饲粮组 High nitrogen/energy diet group		
		最大体重 Maximal BW	中间体重 Middle BW	最小体重 Minimal BW	最大体重 Maximal BW	中间体重 Middle BW	最小体重 Minimal BW
总蛋白 TP/(g/L)	45	2.65±0.21	2.85±0.14	2.48±0.45	3.13±1.08	2.30±0.44	3.60±0.62
	75	1.30±0.21^{a}	0.72±0.11^{b}	0.92±0.16^{ab}	1.30±0.41	1.38±0.20*	0.88±0.06
	110	4.07±0.98	3.80±0.36	3.50±0.40	0.90±0.06^{c}	2.10±0.06^{b}	3.00±0.11^{a}
白蛋白 ALB/(g/L)	45	0.47±0.11	0.23±0.05	0.52±0.09	0.43±0.13^{b}	0.35±0.09^{b}	0.85±0.06^{a*}
	75	0.34±0.04^{b}	0.54±0.03^{a}	0.55±0.04^{a}	0.53±0.09*	0.68±0.11	0.67±0.07
	110	0.20±0.06^{b}	0.20±0.06^{b}	1.15±0.15^{a}	0.20±0.03^{b}	0.50±0.06^{a}	0.60±0.06^{a}
尿素 UREA/(g/L)	45	5.07±0.59^{b}	5.81±0.35^{ab}	7.22±0.55^{a}	4.72±0.53	5.17±0.34	6.28±0.74
	75	8.64±0.68	8.14±0.43	9.41±0.71	14.65±0.92^{a*}	12.05±0.47^{b*}	15.05±0.50^{a*}
	110	15.99±1.51	20.78±2.40	14.08±1.67	12.32±0.01^{c}	15.80±0.06^{b}	18.79±0.01^{a}
尿酸 UA/(g/L)	45	3.05±0.53^{a}	1.75±0.12^{b}	2.95±0.08^{a}	0.80±0.13^{b*}	2.33±0.42^{a}	3.10±0.27^{a*}
	75	23.10±0.74^{a}	15.29±1.05^{b}	13.47±0.88^{b}	19.60±0.74*	20.20±1.11*	19.38±0.90*
	110	215.10±5.64	253.50±9.27	216.00±29.3	213.80±0.06^{a}	195.20±0.06^{b}	162.30±0.17^{c}
葡萄糖 GLU/(nmol/L)	45	0.34±0.03^{b}	0.36±0.03^{b}	0.60±0.07^{a}	0.33±0.02	0.35±0.06	0.40±0.05
	75	0.27±0.03	0.23±0.02	0.21±0.02	0.32±0.03	0.33±0.03*	0.49±0.09*
	110	0.98±0.10	1.24±0.08	1.06±0.16	1.89±0.01^{c*}	2.45±0.01^{b*}	2.55±0.03^{a}
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	45	4.68±0.43	4.50±0.27	4.67±0.33	3.95±0.84	4.65±0.43	4.45±0.31
	75	4.84±0.23^{a}	2.98±0.33^{b}	3.67±0.48^{b}	3.98±0.69^{ab}	3.35±0.65^{b}	5.85±0.73^{a*}
	110	3.60±1.06	3.70±0.26	3.75±0.25	3.90±0.06	4.10±0.06	4.00±0.12
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	45	5.67±0.60^{b}	11.50±1.25^{a}	9.73±0.34^{a}	12.08±0.93^{a*}	6.23±1.23^{b*}	9.48±0.65^{a}
	75	6.61±0.78^{a}	5.93±0.60^{ab}	4.67±0.17^{b}	6.00±1.12	7.77±0.76	7.68±0.89*
	110	7.63±0.82^{b}	16.97±1.04^{a}	5.45±0.45^{b}	15.30±0.06^{a*}	14.30±0.06^{b}	11.20±0.12^{c}
谷草转氨酶 AST/(U/L)	45	113.35±10.85	132.38±12.82	120.10±2.99	75.18±3.76^{c*}	100.13±7.10^{b}	137.15±4.55^{a*}
	75	23.15±0.72^{a}	14.99±1.20^{b}	22.23±0.63^{a}	21.43±5.05^{a}	7.55±0.64^{b*}	15.62±2.05^{a*}
	110	13.43±0.98^{b}	27.80±3.02^{a}	33.15±0.65^{a}	5.00±0.06^{c}	6.90±0.06^{b}	11.30±0.17^{a*}
肌酸激酶 CK/(U/L)	45	92.74±3.10^{c}	114.69±4.72^{b}	163.38±6.35^{a}	97.64±4.13	96.48±2.06*	87.27±5.68*
	75	144.87±11.67^{a}	33.47±4.52^{b}	23.39±2.21^{b}	16.14±2.05^{c*}	42.26±3.20^{b}	319.02±10.57^{a*}
	110	15.71±0.51^{c}	52.28±5.83^{b}	79.00±6.51^{a}	15.26±0.01	25.10±0.06	31.65±0.03

3 讨　论

羊水和尿囊液中的生化成分是胎儿生命活动的物质基础，其含量或活性的变化可反映胎儿组织细胞通透性与机体新陈代谢状况。ALP 活性可反映成骨细胞活性、骨骼生成和钙与磷代谢状况[13]。本研究中，与低氮能比饲粮相比，高氮能比饲粮可显著提高妊娠 45 d 中间体重胎猪和妊娠 110 d 最大体重胎猪羊水中 ALP 活性以及妊娠 75 d 最小体重胎猪尿囊液中

ALP 活性，这有助于胎猪的骨骼生长发育。血液中 AST 和 ALT 活性的升高可反映肝脏损伤情况[14]。与低氮能比饲粮相比，高氮能比饲粮可显著降低妊娠 75 d 中间、最小体重胎猪和妊娠 110 d 最小体重胎猪尿囊液中 AST 活性，提示饲喂高氮能比饲粮可对胎猪肝脏起到保护作用。UA 是嘌呤代谢的终产物，主要经过肾脏排泄，血液中 UA 含量长期偏高容易引起肾脏和心血管系统疾病[15]。与低氮能比饲粮相比，高氮能比饲粮可显著降低妊娠 45 和 75 d 最大体重胎猪尿囊液中 UA 含量，这在一定程度上可促进胎猪的肾脏发育，增强其功能。结构完整和功能正常的肌细胞使得 CK 极少透出细胞膜[16]。与低氮能比饲粮相比，高氮能比饲粮可显著降低妊娠 45 d 最大、中间体重胎猪和妊娠 110 d 中间体重胎猪羊水中 CK 活性，以及妊娠 45 d 中间、最小体重胎猪和妊娠 75 d 最大体重胎猪尿囊液中 CK 活性，提示高氮能比饲粮可以保护胎猪肌细胞的完整性，推测高氮能比饲粮中的一些功能性氨基酸作为信号分子调节了机体关键代谢途径，提高了胎猪的健康水平[17]。GLU 是反映动物机体能量平衡的重要指标[18]。高氮能比饲粮可显著降低妊娠 75 d 中间、最小体重胎猪和妊娠 110 d 最小体重胎猪羊水中 GLU 含量，提示饲喂高氮能比饲粮能够提高胎猪对 GLU 的利用效率。

胎儿的生长发育是一个复杂的过程，不同体重胎猪对营养物质的吸收利用效率不同[19]。TP 和 ALB 含量一方面反映了机体对蛋白质的吸收与代谢状况，同时也反映了机体的免疫状况[20]。本试验中，高氮能比饲粮组妊娠 45 和 75 d 以及低氮能比饲粮组妊娠 45 和 110 d 时最大体重胎猪羊水中 ALB 含量均显著高于最小体重胎猪，可为大体重胎猪供给更多的含氮营养素，这可能是大体重胎猪发育较快的原因。同时推测，小体重胎猪羊水中营养物质供给不足造成其发育迟缓[21]。与低氮能比饲粮相比，高氮能比饲粮可显著提高妊娠 45 d 最小体重胎猪羊水中 TP 含量，推测高氮能比饲粮可提高母体蛋白质摄入，提高羊水中 TP 含量，从而缓解宫内发育迟缓现象[22]。与低氮能比饲粮相比，高氮能比饲粮显著增加了妊娠 45 d 最小体重胎猪尿囊液中 ALB 含量，推测宫内发育迟缓胎猪对含氮营养素的利用出现了障碍，导致 ALB 排出量增多。此外，最大体重胎猪羊水中 UA 含量普遍显著高于中间、最小体重胎猪，提示胎猪体重过大其营养需要量会相应增多，进而增加了肝脏代谢负担[23]。

不同妊娠时间的胎猪对营养物质的利用效率不同[24]。UREA 是蛋白质与氨基酸分解代谢的终产物，其含量越低则表明机体的氮利用率越高[25]。本试验中，随着妊娠时间的延长，羊水和尿囊液中 UREA 含量普遍升高，提示妊娠后期胎猪对蛋白质的利用率降低，可适当降低饲粮蛋白质水平，这与郭海燕等[2]的研究结果类似。另外，妊娠 110 d 时胎猪羊水中 ALP 活性高于其他妊娠时间的胎猪，提示妊娠后期胎猪的骨骼生长速度加快。

4 结　论

由上可知，饲喂高氮能比饲粮可通过调节羊水和尿囊液生化参数促进胎猪的生长发育；与中间、最小体重胎猪相比，最大体重胎猪对蛋白质的利用效率更高。

参考文献：

[1] 张博生,马君峰.中国小型猪种——香猪[J].畜牧兽医杂志,2015,34(4):79,81.

[2] 郭海燕,吴德,张明,等.日粮不同营养水平对母猪妊娠早期胚胎存活的影响[J].中国畜牧杂志,2007,43(17):30–33.

[3] 刘俊锋,吴琛,孔祥峰,等.精氨酸对妊娠环江香猪胎儿生长发育的影响[J].中国农业科学,2011,44(5):1040–1045.

[4] REGMI N,WANG T J,CRENSHAW M A,et al.Effects of dietary lysine levels on plasma free amino acid profile in late-stage finishing pigs[J].SpringerPlus,2016,5(1):888.

[5] YANG H S,FU D Z,SHAO H,et al.Impacts of birth weight on plasma,liver and skeletal muscle neutral amino acid profiles and intestinal amino acid transporters in suckling Huanjiang mini-piglets[J].PLoS One,2012,7(12):e50921.

[6] Wang J J,CHEN L X,LI D F,et al.Intrauterine growth restriction affects the proteomes of the small intestine,liver,and skeletal muscle in newborn pigs[J].Journal of Nutrition,2008,138(1):60–66.

[7] UNDERWOOD M A,GILBERT W M,SHERMAN M P.Amniotic fluid:not just fetal urine anymore[J].Journal of Perinatology,2005,25(5):341–348.

[8] LI N,WELLS D N,PETERSON A J,et al.Perturbations in the biochemical composition of fetal fluids are apparent in surviving bovine somatic cell nuclear transfer pregnancies in the first half of gestation[J].Biology of Reproduction,2005,73(1):139–148.

[9] WANG J,JIANG F,ZHANG J,et al.Amniotic fluid metabolomics and biochemistry analysis provides novel insights into the diet-regulated foetal growth in a pig model[J].Scientific Reports,2017,7:44782.

[10] MATEO R D,WU G Y,BAZER F W,et al.Dietary *L*-arginine supplementation enhances the reproductive performance of gilts[J].Journal of Nutrition,2007,137(3):652–656.

[11] 祝倩,姬玉娇,李华伟,等.高、低营养水平饲粮对妊娠环江香猪繁殖性能、体成分和血浆生化参数的影响[J].动物营养学报,2016,28(5):1534–1540.

[12] 祝倩,马思聪,姬玉娇,等.不同氮能比饲粮对妊娠环江香猪脐带血管发育相关基因表达的影响[J].动物营养学报,2017,29(2):613–619.

[13] 王秋颖.碱性磷酸酶特性及其应用的研究进展[J].中国畜牧兽医,2011,38(1):157–161.
[14] 王典,李发弟,张养东,等.马铃薯淀粉渣-玉米秸秆混合青贮料对肉羊生产性能、瘤胃内环境和血液生化指标的影响[J].草业学报,2012,21(5):47–54.
[15] 陈光亮,徐叔云.高尿酸血症研究进展[J].中国药理学通报,2003,19(10):1088–1092.
[16] 汪翼.肌酸激酶升高的临床意义与特发性高肌酸激酶血症[J].中国实用儿科杂志,2009,24(6):494–496.
[17] 王蜀金,陈惠娜,方思敏,等.功能性氨基酸在动物机体内的代谢利用与生理功能[J].家畜生态学报,2014,35(8):6–12.
[18] 李茂,字学娟,徐铁山,等.木薯叶粉对鹅生长性能和血液生理生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(10):3168–3174.
[19] 刘俊锋,吴琛,孔祥峰,等.不同体重环江香猪胎儿的羊水和尿囊液化学成分分析[J].中国农业科学,2011,44(19):4066–4071.
[20] 张勇,张雄,陆静,等.两种中草药添加剂对从江香猪仔猪生长性能及血清免疫指标的影响[J].中国畜牧杂志,2017,53(2):127–131.
[21] 孔祥峰,伍国耀,印遇龙.猪宫内生长迟缓及其防治研究进展[J].畜牧与兽医,2009,41(10):96–101.
[22] PAWLIOWSKY K,ERNST L,STEITZ J,et al.The aachen minipig:phenotype,genotype,hematological and biochemical characterization,and comparison to the göttingen minipig[J].Karger,2017,58(5/6):193–203.
[23] 李博,李伟,张昊,等.日粮胆碱水平与宫内发育迟缓对猪肝脏抗氧化能力的影响[J].食品工业科技,2015,36(7):363–366,376.
[24] WU G Y,BAZER F W,HU J B,et al.Polyamine synthesis from proline in the developing porcine placenta[J].Biology of Reproduction,2005,72(4):842–850.
[25] 张文飞,张红菊,管武太,等.饲粮中添加中链脂肪酸甘油三酯对母猪繁殖性能、血清生化指标及初乳成分的影响[J].动物营养学报,2016,28(10):3256–3263.

Effects of Different Nitrogen/Energy Diets on Biochemical Parameters in Amniotic Fluid and Allantoic Fluid of Pregnant *Huanjiang* Mini-Pigs

ZHAO Yue[1,2] KONG Xiangfeng[2,3] JI Yu-jiao[2] GENG Meimei[2] LI Huawei[2] WANG

*Corresponding author, professor, E-mail: wangzhanbin3696@126.com (责任编辑 菅景颖)

Zhanbin[1*]
(1. *College of Animal Science and Technology*, *Henan University of Science and Technology*, *Luoyang* 471003, *China*; 2. *Key Laboratory for Agro-Ecological Processes in Subtropical Region*, *Institute of Subtropical Agriculture*, *Chinese Academy of Sciences*, *Changsha* 410125, *China*; 3. *Research Center of Mini-Pig*, *Huanjiang Observation and Research Station for Karst Ecosystems*, *Chinese Academy of Sciences*, *Huanjiang* 547100, *China*)

Abstract: The present study was conducted to investigate the effects of different nitrogen/energy diets on biochemical parameters in amniotic fluid and allantoic fluid of pregnant *Huanjiang* mini-pigs. A total of 48 primiparous *Huanjiang* mini-pigs were randomly assigned into one of two groups and reared in 8 pens (replicates) with 3 pigs per pen. After service, the animals in the two groups were fed high nitrogen/energy diet (digestible energy was 14.73 MJ/kg, crude protein was 13.11%, and nitrogen/energy was 0.89) and low nitrogen/energy diet (digestible energy was 12.24 MJ/kg, crude protein was 9.77%, and nitrogen/energy was 0.80), respectively. At 45, 75, and 110 days of pregnancy, one pig was selected randomly from each pen and sacrificed. The amniotic fluid and allantoic fluid of fetuses with maximal body weight (BW), middle BW and minimal BW per litter were collected for determining biochemical parameters. The results showed that, under the same pregnant time and standard body weight conditions, compared with the low nitrogen/energy diet group, the high nitrogen/energy diet group significantly increased the alkaline phosphatase (ALP) activity in allantoic fluid of fetuses with minimal BW at 75 days of pregnancy($P<0.05$), while significantly decreased the aspartate aminotransferase (AST) activity in allantoic fluid of fetuses with middle or minimal BW at 75 days of pregnancy and fetuses with minimal BW at 110 days of pregnancy, the uric acid (UA) content of fetuses with maximal BW at 45 and 75 days of pregnancy, the creatine kinase (CK) activity of fetuses with middle or minimal BW at 45 days of pregnancy and fetuses with maximal BW at 75 days of pregnancy ($P<0.05$). Compared with the fetuses with minimal BW, the albumin (ALB) content in amniotic fluid of fetuses with maximal BW at 45 and 75 days of pregnancy in high nitrogen/energy diet group was significantly increased ($P<0.05$), as well as at 45 and 110 days of pregnancy in low nitrogen/energy diet group ($P<0.05$). With the pregnant time extension, the urea (UREA) and UA contents in amniotic fluid and UA content in allantoic fluid of fetuses in two diet groups were gradually increased. These findings suggested that the high nitrogen/energy diet can promote the

growth and development of fetuses by regulating the biochemical parameters in amniotic fluid and allantoic fluid; the fetuses with maximal BW presents higher utilization efficiency of protein than the fetuses with middle or minimal BW.

Key words: *Huanjiang* mini-pigs; pregnant time; dietary nitrogen/energy; amniotic fluid; allantoic fluid; biochemical parameters